

Х.Н. Евжанов

ОЧИСТКА И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД

Приведены качественные и количественные характеристики речных и коллекторно-дренажных вод бассейна Аральского моря. Изучен их химический состав по макро- и микрокомпонентам. Установлено, что из-за сброса дренажных вод повышается содержание солей и загрязняющих веществ в речных водах. Обоснована целесообразность очистки и повторного использования дренажных вод в различных целях. Показана возможность их деминерализации мембранными методами.

Деградация общей экологической ситуации бассейна Аральского моря напрямую связана с ухудшением, особенно в последние годы, гидрохимического состояния рек и водоемов. Это, в первую очередь, относится к зонам трансграничных рек Сырдарьи, Амударьи, Зеревшан. Если в их верховьях минерализация речной воды не превышает 0,4 – 0,5 г/дм³, то в нижних течениях она возрастает до 1,2 – 1,6 г/дм³. При этом в воде повышается концентрация SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} . В составе воды нижних течений рек наблюдается также превышение ПДК других загрязняющих веществ: фенолов, нефтепродуктов, пестицидов, меди, хрома и др.

Главной причиной роста минерализации и загрязнения речных вод является сброс в них дренажных вод многочисленных коллекторов, начиная с территории Таджикистана, кончая территориями Узбекистана и Туркменистана. Дренаж в районах орошаемого земледелия – это система искусственных водостоков, отводящая избыточное количество грунтовых вод и солей за пределы возделываемых массивов с помощью искусственных каналов-коллекторов. Общий объем сбрасываемых коллекторно-дренажных вод (КДВ) в этом регионе превышает 20 км³/год. Подсчитано, что в бассейне Сырдарьи в пределах Узбекистана объем КДВ доходит до 11,2 км³/год, их средняя минерализация изменяется от 1,07 до 4,19 г/дм³. В этом бассейне до 78% объема коллекторного стока (8,7 – 8,8 км³/год) сбрасывается в реки Нарын, Карадарья, Чирчик и Сырдарья, а также в пустынные впадины (в основном в Арнасайскую), чтобы достичь его понижения до 2,4 – 2,5 км³/год [1]. Объем КДВ, сбрасываемых на территорию Туркменистана с учетом их сточных вод со стороны Узбе-

кистана, составляет около 10 км³/год, из них в р. Амударью – 3,45, озеро Саракамыш – 5,13, пустыню Каракумы – 1,47 км³.

С целью установления качества сбрасываемых вод был изучен химический состав дренажных вод наиболее крупных коллекторов по всей территории Туркменистана (табл.1). Как видно из этих данных, наибольшая минерализация КДВ приходится на южные районы страны, особенно на Тедженский оазис (> 30 г/ дм³), наименьшая – на коллекторы Дашогузской и Лебапской областей, сточные воды которых составляют около 70% от общего объема КДВ. Это связано с большей густотой коллекторно-дренажной сети на землях древнего орошения дельты Амударьи.

Все рассматриваемые воды имеют явно повышенную жесткость, т.е. высокое содержание ионов магния и кальция. При сравнении КДВ правобережья и левобережья Амударьи четко отмечается двух-трехкратное увеличение минерализации КДВ правобережья из-за Маханкульского, Южного Каршинского коллекторов, воды которых стекают с территории Узбекистана. В табл. 1 для сравнения приведен состав воды р. Амударьи, минерализация которой доходит до 1765 мг/дм³. Это и является ярким свидетельством засоления и загрязнения р. Амударьи в результате сброса КДВ [2].

Изучена также динамика изменения макро- и микрокомпонентов в течение одного года на примере КДВ Геоктепинского района Ахалской области Туркменистана (табл. 2, 3). Как видно из этих данных, в дренажной воде присутствуют примеси ряда тяжелых металлов. В них обнаружены также следы некоторых хлорорганических пестицидов (мкг/дм³): α -ГХЦГ – $0,0004 \div 0,01$; γ -ГХЦГ – $0,0002 \div 0,02$; альдрин – $0,0003 \div 0,07$; ДДЭ – $0,0005 \div 0,013$; ДДД – $0,0015 \div 0,0051$; ДДТ – $0,002 \div 0,0052$.

Таким образом, КДВ представляют собой сложную систему по химическому составу и сброс их в окружающую среду уже привел к сильному засолению и загрязнению природных водоисточников, заболачиванию почв, поднятию грунтовых вод и другим негативным явлениям. Между тем, наряду с таким "изобилием" сбросных вод, в Среднеазиатских государствах испытывается острый дефицит пресной воды. В связи с этим давно изыскиваются различные варианты рационального использования огромных запасов КДВ в сельском и других отраслях народного хозяйства. В частности, предложены рекомендации по орошению дренажными водами песчаных пустынных почв при выращивании солеустойчивых кормовых и других культур. Однако это имеет локальный характер и не решает проблему в целом. Вместе с тем с целью исключения повсеместного отрицательного влияния на окружающую среду, создания резервного водного фонда страны, повторного использования слабоминерализованных вод в сельскохозяйственных отраслях, обводнения пастбищ Каракумов, предотвращения сброса КДВ в природные объекты, оздо-

ровления экосистемы страны в настоящее время в Туркменистане ведется строительство Транстуркменского объединительного коллектора с образованием искусственного озера на месте имеющейся впадины Карашор на Северо-Западе страны площадью 4000 км² и вместимостью 140 км³. Проектная протяженность такого грандиозного коллектора составляет 1080 км и проходит через всю территорию центральных Каракумов и берёт начало с левобережной зоны Амударьи. В этот магистральный коллектор будут стекать дренажные воды практически всех земледельческих районов страны. В данную систему предлагается перебросить через Амударью дренажные воды правобережных коллекторов путем строительства специальных переходов в створах Ильчика и Бурдалыка. Все это позволит кардинальным образом изменить в лучшую сторону солевую нагрузку на орошаемых землях, предотвратить подтопление пастбищ и в целом улучшить эколого-мелиоративную обстановку в стране.

Вместе с тем нерешенной остается проблема снижения солености той части минерализованных КДВ, которая не может быть непосредственно использована в рациональных целях. В связи с этим, на наш взгляд, радикальным вариантом решения проблемы рекуперации КДВ является их комплексная переработка, предусматривающая обезвреживание, деминерализацию и утилизацию минеральных солей и продуктов очистки. Однако эти вопросы являются малоизученными. Из-за сложности химического состава КДВ при использовании существующих методов опреснения возникают трудности, связанные с образованием карбонатных и сульфатных осадков солей жесткости, отрицательным влиянием органических примесей, главным образом пестицидов, тяжелых металлов и др. Процессам опреснения должна предшествовать подготовка воды, предусматривающая удаление или уменьшение отрицательного воздействия агрессивных ингредиентов КДВ.

В настоящее время основными методами деминерализации воды в мировой практике являются дистилляционный и мембранные методы (электродиализ и обратный осмос). Мембранная технология, базирующаяся на энергетически совершенном механизме разделения сред, принадлежит к числу авангардных направлений современной техники и науки в области опреснения воды и разделения веществ. Это объясняется тем, что капитальные затраты и стоимость опреснения соленой воды электродиализом и обратным осмосом в 1,8 и 1,4 раза меньше, чем дистилляцией. Еще более существенное отличие наблюдается при опреснении солоноватых вод. В этом случае капитальные затраты и стоимость опреснения по методу обратного осмоса соответственно в 5,9 и 4,6, а по методу электродиализа в 6,9 и 6,3 раза меньше, чем дистилляцией. За рубежом налажен выпуск разнообразных опреснительных аппаратов и

установок на их основе. Выбор метода опреснения обуславливается, прежде всего, качеством очищаемой воды и производительностью установок. Кроме того, важным вопросом при выборе метода опреснения является себестоимость воды. Анализ технико-экономических показателей опреснения различными методами показал, что при опреснении минерализованных вод с солесодержанием до $10 - 15 \text{ г/дм}^3$, к которым относятся КДВ, предпочтительными являются мембранные методы. [3]

О возможности деминерализации КДВ мембранными методами свидетельствует опыт работы крупнейшей в мире станции опреснения воды на р. Колорадо, расположенной приблизительно в 8 км к западу от г. Юма штата Аризона (США), работающей на основе механизма обратного осмоса. Проектная производительность этой станции по опресненной воде – 275 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ [4] В настоящее время при помощи промышленных обратноосмотических опреснителей, установленных зарубежными фирмами, получают пресную воду из каспийской воды в городах Туркменбаши, Бекдаш и поселке Есенгулы, а также из подземных вод в Дашогузской области Туркменистана.

Как известно, при деминерализации КДВ любым методом неизбежно получение в огромных количествах так называемых остаточных рассолов, представляющих собой концентрированные растворы солей. Утилизация этих солей важна не только с экологической точки зрения, но и с экономической, так как путем их комплексной переработки можно получить товарные химические продукты и тем самым окупить часть расходов на опреснение. Однако эти вопросы требуют детального изучения. Трудности здесь в значительной мере связаны с загрязненностью выделяемых солей токсическими примесями КДВ и необходимостью разработки способов их очистки. Кроме того, учитывая особенность климатических условий Туркмении и большие объемы КДВ, целесообразна разработка технологических процессов с использованием солнечной энергии и других местных ресурсов.

На основании вышеизложенного, с целью разработки мембранной технологии комплексной переработки КДВ, совместно с учеными Института коллоидной химии и химии воды им. А.В.Думанского НАН Украины был выполнен комплекс научно-исследовательских и опытно-производственных работ [5 – 7] В частности, изучены процессы электролиза растворов и характеристики ионитовых мембран в присутствии ионов марганца, ПАВ, фульвокислот и других ингредиентов.

Разработаны технологические способы предподготовки КДВ к мембранному опреснению реагентными методами. Для предотвращения образования отложений карбоната и сульфата кальция на мембранах испытаны процессы умягчения КДВ известью и содой, а также известью и

углекислым газом. Для этого использовали КДВ с минерализацией 10,3 г/дм³ состава (г/дм³): HCO_3^- – 0,392; CO_3^{2-} – 0,058; Cl^- – 1,137; SO_4^{2-} – 5,721; Ca^{2+} – 0,252; Mg^{2+} – 0,368; K^+ – 0,025; Na^+ – 2,63. Получены растворы, удовлетворяющие требованиям к воде перед мембранным опреснением, с остаточной концентрацией кальция 0,25 и 1,25 мг-экв/дм³. Установлено, что при проведении опреснения КДВ мембранными методами без водоподготовки эффективность процесса резко снижается из-за отложения осадков на поверхности мембран.

Разработанные методы испытаны на промышленной обратноосмотической установке УМР-20/400 и электродиализной установке ЭОУ-НИ-ИПМ-25 М. Эти агрегаты установлены и использованы для деминерализации коллекторно-дренажных и подземных минерализованных вод на опытно-экспериментальных базах вблизи г. Ашхабада и в Дашогузской области. Минерализация опресненной воды составляет ~ 0,5 г/дм³ при солесодержании исходной воды порядка 3 – 4 г/дм³.

Наряду с этим разрабатываются также другие способы очистки дренажных и минерализованных вод с применением сорбционных, осадительных и других методов в сочетании с использованием климатических условий республики, местных цеолитов, бентонитов и других природных материалов. В частности, изучены процессы концентрирования и переработки остаточных рассолов, получаемых при деминерализации КДВ с помощью солнечного испарения воды в открытых бассейнах (аналогично получению мирабилита из Карабогазских рассолов бассейновым методом). Результаты исследований показали возможность получения таким способом сульфата и хлорида натрия из остаточных рассолов. Это свидетельствует о перспективности комплексной переработки коллекторно-дренажных вод с получением не только пресной воды, но и товарных химических продуктов.

Выводы. Таким образом, можно заключить, что неблагоприятная экологическая ситуация обуславливает необходимость, а современные достижения науки и техники в области опреснения воды открывают возможность очистки и повторного использования коллекторно-дренажных вод.

Резюме. Приведено якісні і кількісні характеристики річкових та колекторно-дренажних вод басейну Аральського моря. Вивчено їхній хімічний склад по макро- та мікрокомпонентах. Встановлено, що через скидання дренажних вод підвищується вміст солей і забруднюючих речовин у річкових водах. Обґрунтовано доцільність очищення та повторного використання дренажних вод у різних цілях. Показано можливість їх демінералізації мембранними методами.

Таблица 1. Химический состав дренажных вод основных коллекторов Туркменистана

Террито- риальная зона	Коллектор	pH	Ионный состав, мг/дм ³							
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Сумма ионов
Ахалская	Тедженский ТЦК	7,56	106	264	12212	8886	1372	461	9224	32525
	Тедженский ТЮЗК	4,84	89	222	1108	3746	358	637	1256	7416
	Кара-Векиль	7,6	43	193	8272	6052	985	361	6086	21992
	Серахский К-1	8,2	53	220	3550	4131	523	321	3044	11842
	Геоктепинский ГСК-1	7,95	89	295	437	6945	975	417	1789	10947
	Геоктепинский ГСК-3	8,01	74	249	540	1969	181	190	883	4085
Марыйская	Геоктепинский ГВКС	8,25	34	417	440	1440	236	96	602	3265
	Кесе-Яб	8,33	29	122	1121	2305	325	235	1016	5153
	Джар	7,96	96	273	3103	4467	683	261	2734	11617
	Главный левобережный	8,25	17	98	472	552	107	104	298	1648
Лебапская	Халач-Пальвартский	8,58	5	76	266	360	51	103	161	1023
	Маханкульский	8,55	43	190	788	2209	360	240	717	4547
	Южный Каршинский	8,30	77	198	1335	1681	323	233	925	4742
	Дарьялыкский ПК-О	8,85	14	139	568	672	134	124	358	2009
Дашогузская	Озерный ПК-3	7,97	29	107	994	721	151	123	624	2750
р.Амударья	Створ 4, Биратинский	7,96	29	139	447	562	27	144	417	1765

Таблица 2. Динамика изменения содержания основных ионов в КДВ Геоктепинского района

Коллектор	Месяц отбора пробы	pH	Ионный состав, мг/дм ³							
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Сумма солей
ГКС-3	Январь	8,55	48	307	716	2367	184	192	1182	4996
	Апрель	8,18	36	337	639	2346	215	230	1020	4823
	Май	8,01	55	342	635	2688	237	262	1161	5380
	Июль	7,30	36	297	539	2071	228	182	832	4186
	Август	7,88	26	329	589	2604	212	224	1113	5099
	Ноябрь	7,40	43	366	681	2816	238	236	1294	5675
ГВКС	Январь	8,59	67	366	497	1841	210	134	841	3956
	Апрель	8,19	55	407	490	1789	219	160	772	4624
	Май	8,01	48	459	577	2522	212	232	1124	5174
	Июль	7,60	41	373	376	1299	258	92	444	2884
	Август	8,01	45	356	390	1389	197	108	590	3077
	Ноябрь	7,10	53	341	369	1379	170	140	586	3038

Таблица 3. Динамика изменения содержания микрокомпонентов в КДВ Геоктепинского района

Коллектор	Месяц отбора пробы	Содержание, мг/дм ³													
		Ni	Cd	Zn	Cr	Fe	Mn	Cu	Co	Sr	NO ⁺ ₃	NH ⁺ ₄	Br ⁻	I ⁻	F ⁻
ГКС-3	Январь	0,013	0,021	0,015	0,011	0,20	0,083	0,002	0,0055	6,6	48,98	1,8	3,2	Следы	1,35
	Апрель	0,005	–	0,022	0,098	0,79	0,060	0,016	–	8,1	21,10	2,9	3,2	–	0,19
	Май	0,0025	0,060	0,007	0,038	1,06	0,073	–	0,0005	7,0	15,50	2,9	5,0	3,17	0,19
	Июль	–	0,010	0,009	–	0,32	0,002	–	0,0025	8,1	31,00	1,8	1,6	Следы	Следы
	Август	–	–	0,017	–	0,06	0,001	–	–	8,3	68,20	Следы	3,2	Следы	Следы
	Ноябрь	–	0,130	–	0,010	0,08	–	–	0,0100	8,9	39,10	Следы	4,0	2,02	2,39
ГВКС	Январь	–	0,0115	0,0115	0,005	0,139	0,005	–	0,002	7,1	48,98	1,8	2,6	Следы	2,47
	Апрель	0,008	–	0,0010	0,068	–	–	0,021	–	7,9	31,00	2,34	2,60	–	2,47
	Май	–	0,075	0,037	0,068	0,105	0,025	–	–	7,2	12,40	3,6	3,2	–	2,47
	Июль	–	0,060	0,007	–	0,025	0,001	–	0,0025	8,0	48,96	Следы	20,0	Следы	2,47
	Август	–	0,055	0,010	–	–	0,020	–	–	7,8	19,80	Следы	3,2	Следы	Следы
	Ноябрь	–	0,085	–	0,005	0,150	–	–	0,002	6,8	31,00	Следы	1,6	2,0	2,39

Rh.N. Evzhanov

THE PROBLEMS OF CLEARING AND RE-USABLE OF COLLECTOR-DRAINAGE WATERS

Summary

The qualitative and quantitative characteristics of river and collector-drainage waters of the Aral sea basin are adduced. Their macro- and microcomponents content is studied. Established, that because of resetting drainage waters the contents of salts and contaminants in river waters is increased. The expediency of clearing and re-usable of drainage waters in the different purposes is justified. The capability of their demineralisation by membrane methods is showed.

1. *Чембарисов Э.И., Шамсиев Ф.К., Реймов А.Г.*// Проблемы освоения пустынь – 2006. – № 2. – С.3 – 7.
2. *Евжанов Х.Н.*// Там же. – 2002. – № 3. – С.45 – 47.
3. *Гребенюк В.Д., Мельник Л.А., Пенкало И.И., Евжанов Х.Н.*// Сравнительная характеристика методов опреснения воды. – Ашхабад, 1989. – С.113.
4. *Дж.У. Денью* // Мелиорация и водное хоз-во (США). – 1994. – № 5. – С.45 – 48.
5. *Вейсов Б.К.*// Автореф. дис.... канд.хим.наук. – Киев, 1990. –18 с.
6. *Мельник Л.А., Меляева Б.К., Гребенюк В.Д., Евжанов Х.Н.*// Химия и технология воды. – 1991. – **13**, № 5. – С.454 – 455.
7. *Гребенюк В.Д., Беркелиева Л.К., Чеботарева Р.Д., Евжанов Х.Н.*// Там же. – 1991. – **13**, № 7. – С.648 – 651.

Политехн. ин-т,
г. Ашхабад, Туркменистан

Поступила 23.04.2007